

## TÓPICO 5 – Património Histórico

### Reconstrução do pano sudeste do Baluarte do Cavaleiro

Jorge Pinto<sup>1,a</sup>, Humberto Varum<sup>2,b</sup>, João Guedes<sup>3,c</sup>, José Morais<sup>1,d</sup>

<sup>1</sup>CITAB/UTAD, Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

<sup>2</sup>UA, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal

<sup>3</sup>CEC/FEUP, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

<sup>a</sup>tiago@utad.pt, <sup>b</sup>hvarum@ua.pt, <sup>c</sup>jguedes@fe.up.pt, <sup>d</sup>jmorais@utad.pt

**Palavras-chave:** Alvenaria de pedra, Muralhas, Conservação, Consolidação

**Resumo.** O Baluarte do Cavaleiro é parte integrante do sistema de muralhas existente na cidade de Chaves e trata-se de uma construção em alvenaria de pedra datada do século XVII. O Baluarte é formado por três panos de muralha (nordeste NE, sudeste SE e sudoeste SO) e por dois cunhais de ligação. O pano SE sofreu dois colapsos parciais no passado recente. Este trabalho é relativo ao último processo de reconstrução deste pano que terminou em Fevereiro de 2007. Como este processo de reconstrução envolveu o quase total desmonte do pano SE, a escavação do solo a ser suportado pelo pano e a reconstrução desse pano, foi possível identificar a geometria real da secção transversal da muralha, a solução e processo construtivo adoptado e caracterizar o solo envolvente. O facto de existirem doze edifícios contíguos ao Baluarte do Cavaleiro motivou a necessidade de haver um controlo sistemático da estabilidade destas construções ao longo da empreitada de reconstrução do pano SE. Para o efeito, foi necessário caracterizar cada um desses edifícios, identificar todas as patologias existentes antes da realização de qualquer trabalho relativo à empreitada e controlar essas patologias ao longo dos dois anos de duração dessa empreitada. Pretende-se com este trabalho dar um contributo para o conhecimento deste tipo de construções.

### Introdução

Portugal é um país que dispõe de um vasto e rico património de construções em alvenaria de pedra. Estas são um testemunho vivo da história do nosso país e por isso devem ser conservadas [1]. Estas construções encontram-se espalhadas por todas as regiões do país e materializam-se em: castelos, igrejas, pontes, muralhas, edifícios de habitação, muros de suporte de terras, muros de vedação.

O Baluarte do Cavaleiro localizado na cidade de Chaves, datado do século XVII, é um exemplo deste tipo de construções. Foi construído durante a governação do Conde de S. João Luís Alvarez de Távora [2]. Esta muralha apresenta as seguintes particularidades: funcionar como uma estrutura de suporte de terra; estar localizada a uma cota de 348,7 m próxima da cota da margem do rio Tâmega de 347,9 m [3] (o nível freático encontra-se a uma cota elevada [4]); o solo de fundação envolvente apresentar fraca capacidade de carga [4]; existirem edifícios contíguos aos panos que formam a muralha, apoiando-se nesta. O pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro sofreu dois colapsos parciais no passado recente (Março de 2001 e Abril de 2002) que deram origem a dois processos de reconstrução. O trabalho aqui apresentado reporta-se ao último processo de reconstrução que terminou em Fevereiro de 2007. O processo de reconstrução do pano SE incluiu a demolição dos edifícios contíguos a este pano, o seu quase total desmonte (embora faseado), o corte de uma camada de solo com 12,5 m de altura e o

reforço da fundação deste pano. Estas fases de obra poderiam colocar em risco a estabilidade dos outros dois panos (NE e SO) e dos edifícios contíguos a estes. As incertezas associadas ao processo de desmonte e reconstrução justificaram a necessidade de se proceder à monitorização destas construções [5]. O principal objectivo deste trabalho consiste em descrever detalhadamente o Baluarte do Cavaleiro e a sua envolvente. Uma descrição do processo de caracterização dos edifícios envolventes e, em particular, o processo de monitorização das patologias também serão abordados.

## A muralha do Baluarte do Cavaleiro

### História/Localização

A Fig. 1 ilustra Chaves no século XVII e o conjunto de muralhas que formavam o sistema de fortificação da cidade. Desse conjunto de muralhas destaca-se, na Fig. 1, a muralha do Baluarte do Cavaleiro objecto do presente trabalho.

Com o passar do tempo, o processo de desenvolvimento e de crescimento de Chaves culminou no desaparecimento de grande parte desse sistema de fortificação. Actualmente, apenas existem alguns troços dessas muralhas e podem encontrar-se vestígios dos outros troços em logradouros de alguns edifícios existentes na rua da Cadeia [6].

Muralha do Baluarte  
do Cavaleiro



Figura 1: Chaves no século XVII

A Muralha do Baluarte do Cavaleiro está localizada na rua 25 de Abril, na freguesia de Santa Maria, no concelho de Chaves. A Fig. 2 mostra o enquadramento actual da Muralha do Baluarte do Cavaleiro na cidade de Chaves.

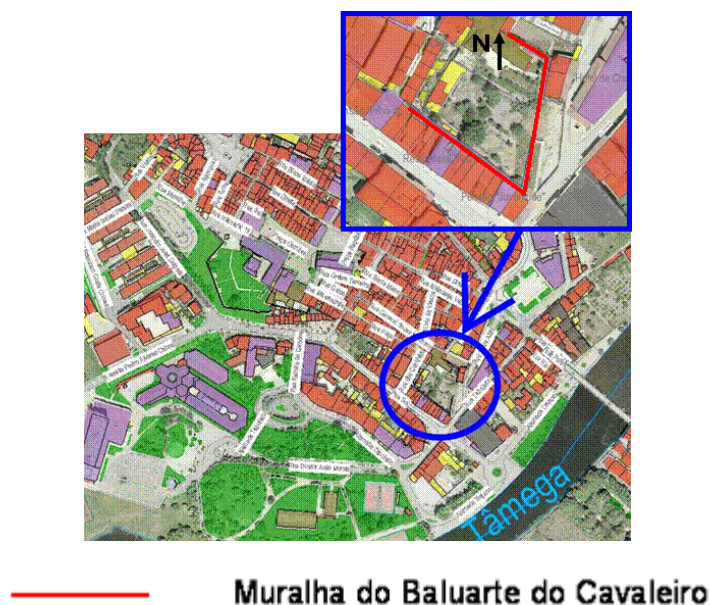


Figura 2: Planta de localização da Muralha do Baluarte do Cavaleiro

A Fig. 2 também permite verificar que a muralha se localiza no centro da cidade de Chaves e próximo do rio Tâmega. Por sua vez, também é visível que a muralha existente é constituída por três panos com as seguintes dimensões aproximadas: o pano NE com 12,0 m de desenvolvimento; o pano SE com 30,0 m de desenvolvimento; o pano SO com 40,0 m de desenvolvimento. Sendo a altura máxima desses panos de 12,5 m. Também se observa a existência de construções contíguas ao pano SO, de um edifício localizado sobre o paramento NE e de duas construções contíguas ao pano SE. Essas construções contíguas aos panos da muralha funcionam actualmente como edifícios de habitação e/ou comércio; construídos no século XIX e XX em alvenaria de pedra. Esses edifícios estão em contacto directo com a muralha e em grande parte deles a muralha é uma das paredes do edifício (ao nível do alçado posterior).

### Geometria/Constituição

A muralha é uma construção em alvenaria de pedra, como é característica geral das construções desta região e desta época. A Fig. 3 mostra a secção transversal tipo do pano SE da muralha, onde é possível observar a sua geometria, dimensões globais e a sua constituição. Na construção da muralha usaram-se pedras de granito de maiores dimensões nas faces exteriores enquanto que o espaço intermédio entre essas faces foi preenchido com pedras de menores dimensões de forma irregular e solo.

A intercepção dos panos da muralha é materializada em cunhais (Fig. 4) construídos em alvenaria de pedra de granito aparelhada (cantaria). A Fig. 4 também ilustra que houve recentemente um refechamento de juntas com argamassa nos panos da muralha, com excepção dos cunhais.

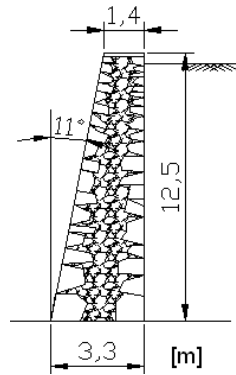


Figura 3: Secção transversal tipo do pano SE da muralha (Dezembro de 2005)

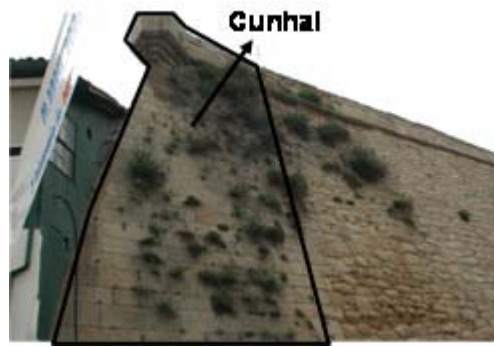


Figura 4: Cunhal de ligação dos panos SE e SO da muralha

## Colapsos

O pano SE da muralha sofreu dois colapsos parciais no passado recente. Até à data do primeiro colapso, Março de 2001, existiam outras construções contíguas ao longo de todo o pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro, tal como mostra a Fig. 5.



Figura 5: Pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro e respectivas construções contíguas existentes antes do primeiro colapso (Março de 2001)

O primeiro colapso teve como consequência a destruição de uma parte significativa do pano SE e a destruição de alguns dos edifícios contíguos, Fig. 6-a. Através desta figura e da Fig. 3 também é possível observar que uma parte significativa da face exterior deste pano, correspondente à zona de contacto com os edifícios contíguos, foi rebocada e que nas restantes zonas deste pano proliferava vegetação. Estes factos permitem concluir que para além da degradação inerente ao processo de envelhecimento dos materiais, a muralha sofreu alterações construtivas a nível do revestimento exterior

dos seus panos passando a ter partes da face exterior impermeabilizadas o que originou uma alteração da altura do nível freático que se reflectiu num aumento dos impulsos hidrostáticos sobre a muralha.

Alguns sinais de instabilidade das construções indicaram a eminência do primeiro colapso nomeadamente: o aparecimento de uma fissura, com abertura significativa, no solo a ser suportado pelo pano SE e associada à cunha de deslizamento que se formou no tardo do mesmo; a inclinação acentuada dos alçados frontais dos edifícios que colapsaram.

Após a ocorrência do primeiro colapso, o pano SE foi sujeito a um processo de reconstrução que durou sensivelmente um ano. Os edifícios contíguos a este pano e que ficaram danificados aquando do primeiro colapso foram demolidos. Pouco tempo após a conclusão dos trabalhos relativos a esse processo de reconstrução, ocorreu o segundo colapso parcial deste pano da muralha em Abril de 2002, Fig. 6-b. Ao contrário do primeiro colapso, o segundo foi do tipo frágil, isto é, sem ocorrência de sinais prévios que permitissem prever este colapso. Esta situação deu origem à necessidade de um outro processo de reconstrução do pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro, que terminou em Fevereiro de 2007. É neste processo de reconstrução que se enquadra o presente trabalho.



6-a: 1º colapso ocorrido em Março de 2001

6-b: 2º colapso ocorrido em Abril de 2002

Figura 6: Imagem de destruição do pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro após a ocorrência dos dois colapsos

## Solos/Sondagens

A Fig. 7 mostra o solo no interior da muralha (Dezembro de 2005). Este solo apresenta uma camada superficial de terra vegetal com cerca de 1,0 m de espessura e uma camada de solo de aterro com cerca de 11,5 m de espessura. O solo encontrado é muito coeso pois permitiu um corte estável quase vertical.



Figura 7: Corte do solo do Baluarte (Dezembro de 2005)

Sondagens efectuadas em Março de 2004 [4] a jusante da base do pano SE da muralha indicaram que o solo apresenta em profundidade os seguintes estratos (Fig. 8): silte até 1,0 m de profundidade; areia fina até 2,0 m de profundidade; areia fina a grosseira completamente saturada até ao firme. Tal como mostra a Fig. 8, o firme encontra-se a uma profundidade variável ao longo do pano SE (a cerca

de 5,4 m de profundidade na sondagem S1, a cerca de 10,8 m na sondagem S2 e a cerca de 7,4 m de profundidade na sondagem S3).

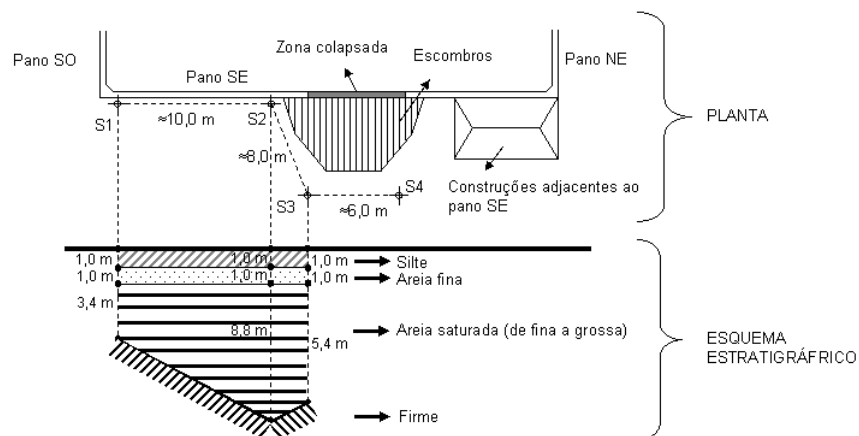


Figura 8: Resultado das sondagens efectuadas a jusante da base do pano SE [4]

### Caracterização dos edifícios e das patologias

O processo de reconstrução do pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro, após a ocorrência do segundo colapso, incluía a quase total demolição deste ao longo de toda a sua extensão, compreendida entre cunhais. A supressão provisória deste pano gerou dúvidas quanto à estabilidade dos cunhais, dos restantes panos da muralha (pano NE e SO) e dos edifícios existentes contíguos a estes.

Estas incertezas motivaram o recurso a um processo de monitorização destas construções durante a realização dos trabalhos de reconstrução do pano SE da muralha. O processo de monitorização adoptado para controlo da estabilidade global das construções [5] ao longo da empreitada de reconstrução foi através do recurso a meios topográficos tradicionais, com recurso a uma estação total NIKON-350 (Pulse Laser Station).

Previamente, foi necessário efectuar uma caracterização das construções e um levantamento/caracterização exaustivo de todas as patologias detectadas nos edifícios contíguos à muralha. A Fig. 9 mostra os edifícios que foram caracterizados (de A a L) e a localização dos reflectores (de 1 a 36). Este processo de caracterização decorreu entre os meses de Março e Abril de 2005.

De forma a simplificar o processo de caracterização de cada edifício e das patologias neles detectadas adoptaram-se fichas análogas às apresentadas nas figuras 10-a e 10-b, respectivamente.

A ficha de caracterização de um edifício, incluía a seguinte informação: identificação do edifício; localização; tipo de utilização; solução estrutural; registo de eventuais intervenções de reabilitação/reforço estrutural ou remodelação/ampliação.

A complementar a ficha de caracterização de um edifício, também foi elaborada uma ficha de caracterização de cada patologia detectada. Esta ficha contém a seguinte informação: identificação, localização no edifício; tipo de patologia; características da patologia. Cada ficha foi complementada com fotografias representativas.





**Identificação de edifício:****Localização:**

Rua:

Habitação ☐ Sup. Comercial ☐ Misto ☐**Descrição Estrutural:**Alvenaria de pedra ☐Estrutura de madeira ☐Betão armado ☐Estrutura metálica ☐Mista ☐

Observações:

**Separação entre pisos:**Estrutura de madeira ☐Laje de betão armado ☐Laje de betão armado executada sob pavimento original de madeira ☐Laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas ☐Inexistente (Piso Térreo) ☐

Observações:

**Intervenções:**Não há conhecimento ☐Ampliação/alteração mantendo a estrutura original ☐Ampliação/alteração reforçando a estrutura original ☐Reforço da estrutura ☐Alteração de fachadas ☐Pequenas obras interiores de conservação/manutenção ☐

Observações:

**Fase da intervenção:**Concluída ☐Em curso ☐Projecto ☐**Fotografia(s):****Identificação da Patologia (\*):****Localização da Patologia:**

Edifício:

Habitação ☐ Sup. Comercial ☐

Rua:

Misto ☐**Compartimento:**Parede ☐Tecto ☐Pavimento ☐Pilar ☐Viga ☐Cobertura ☐

Outro:

**Tipos de Patologia:**Fissura ☐Deslocamento relativo entre blocos de pedra ☐Deformação excessiva de elementos de madeira ☐Deformação excessiva de pavimento ☐Danos em telhas ☐Danos a nível de janelas/árduas/portas ☐Queda de reboco ☐Deterioração de pintura ☐Humidade ☐

Outra:

**Descrição da Patologia:****Fotografia(s):**

\*D-2-34 (Edifício D-Piso n.º 2-34\* Patologia identificada e caracterizada no edifício)

Figura 10-a: Ficha de caracterização de um edifício

Figura 10-b: Ficha de caracterização de uma patologia



Figura 11-a: Patologia tipo fissura (A-1-4)



Figura 11-b: Patologia tipo humidade (A-1-5)



Figura 11-c: Patologia tipo deterioração de pintura (A-1-11)



Tabela 1: Número de patologias identificadas e caracterizadas

Edifício	Auditório	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Nº Patologias	10	37	57	36	106	40	5	31	19	37	25	27	33

### Monitorização das patologias e resultados

O controlo da evolução da generalidade das patologias foi feito por observação directa in situ. Contudo, para a monitorização das fissuras usaram-se as seguintes técnicas de monitorização: testemunhos de gesso; extensómetro mecânico (Fig. 12), fissurómetros (Fig. 13); microscópio para detecção e medição de fissuras [5, 7].



Figura 12: Extensómetro mecânico



Figura 13: Fissurómetros

Devido ao facto da generalidade dos edifícios apresentarem um elevado número de fissuras, foi necessário seleccionar as mais importantes em cada edifício para o processo de monitorização. Essa selecção foi feita com base nos seguintes critérios: fissura que afectava um elemento estrutural; a fissura mais pronunciada num dado elemento construtivo muito fissurado; uma fissura próxima da zona de contacto entre edifício e a parede da muralha.

Todas as patologias foram monitorizadas semanalmente ao longo dos quase dois anos de duração desta empreitada.

A Fig. 14 mostra como exemplo a ficha de caracterização da patologia D-1-36 (i.e. localizada no edifício D (figuras 9-a e 9-d), no 1º piso e foi 36ª patologia identificada nesse piso) e a Fig. 15 ilustra a evolução relativa da abertura desta fissura. Tal como se pode observar através da Fig. 15, a evolução relativa da abertura desta fissura foi pouco pronunciada ao longo do tempo atingindo o valor máximo de 1,0 mm.

A pequena oscilação de valores esteve relacionada com a variação da temperatura ocorrida ao longo do ano. Não foi observado o aparecimento de outras patologias nos edifícios. Nenhuma fissura apresentou uma evolução crescente de abertura ao longo da realização da empreitada e os trabalhos de desmonte e reconstrução do pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro não afectaram a estabilidade dos edifícios contíguos.

**Identificação da Patologia (\*):** D-1-36

**Localização da Patologia:**

Edifício: D                      Rua: Rua do Sol  
Habitação X    Sup. Comercial ☐    Misto ☐

Compartimento: Caixa de escadas

Parede X  
Tecto ☐  
Pavimento ☐  
Pilar ☐  
Viga ☐  
Cobertura ☐  
Outro:

**Tipos de Patologia:**

Fissura X  
Deslocamento relativo entre blocos de pedra ☐  
Deformação excessiva de elementos de madeira ☐  
Deformação excessiva de pavimento ☐  
Danos em telhas ☐  
Danos a nível de janelas/vidros/portas ☐  
Queda de reboco ☐  
Deterioração de pintura ☐  
Humidade ☐  
Outra:

**Descrição da Patologia:**

Fissura localizada numa parede da caixa de escadas, no longo de ligação entre o rés-do-chão e o 1º andar. Esta fissura é horizontal, contínua e uniforme, apresentando uma abertura de 1,50mm.  
Na referida parede também ocorreu queda de reboco e deterioração da pintura na zona circundante à fissura.



Figura 14: Ficha de caracterização da fissura D-1-36

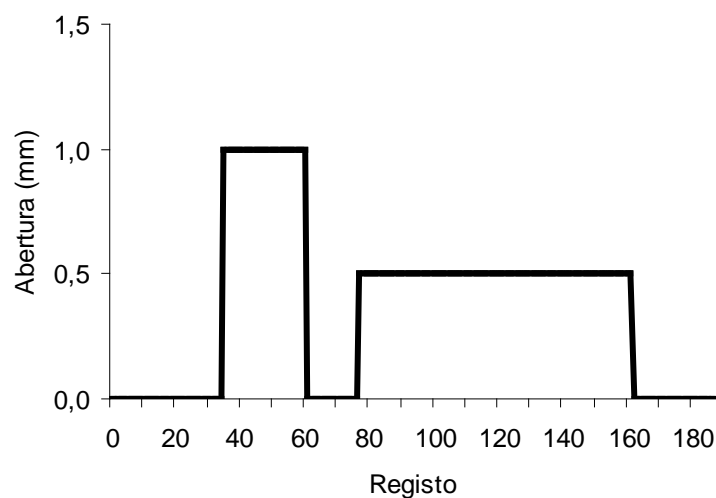


Figura 15: Evolução relativa da abertura da fissura D-1-36

Um comportamento semelhante foi registado para todas as outras fissuras monitorizadas.

## **Conclusões e comentários finais**

O facto da muralha do Baluarte do Cavaleiro ter sido objecto de um recente processo de reconstrução permitiu caracterizar efectivamente a sua geometria em termos de secção transversal, caracterizar a sua constituição em termos de estrutura de alvenaria de pedra e identificar a camada de solo que está a ser suportada pela muralha.

O processo natural de degradação da muralha, o facto desta ter sido continuamente afectada pelos edifícios contíguos e de não ter havido uma regular manutenção resultou numa degradação do sistema natural de drenagem da muralha. Esta foi a principal causa do colapso parcial que o pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro sofreu em Março de 2001.

O solo a ser suportado pela muralha está bem consolidado, o que permitiu realizar um corte quase vertical, com uma altura de 12,5 m. Este talude manteve-se estável durante mais de um ano, e sem recurso a qualquer estrutura de contenção de solos. Este facto reforça a conclusão anterior.

O estado actual do solo, consolidado, não gera impulsos significativos na muralha. Devido a este facto, a estabilidade dos panos laterais (NE e SO) não foi posta em causa pelo desmonte quase total do pano transversal (SE) que os une através de cunhais. Todos estes elementos estruturais funcionam estruturalmente em conjunto. No entanto, o efeito estrutural dos cunhais não deve ser descurado, funcionando estes como elementos fundamentais de ligação e estabilização do conjunto. Nesta análise o impulso hidrostático revelou-se o principal factor de instabilidade.

O processo de levantamento e de caracterização das patologias detectadas nos edifícios contíguos à muralha foi necessário para avaliar o impacto que os trabalhos de demolição e de reconstrução do pano SE da muralha do Baluarte teriam na estabilidade desses edifícios. Verificou-se que não houve qualquer impacto.

## **Agradecimentos**

Agradece-se o contributo de todos os colegas que formaram equipa no trabalho de “Observação e acompanhamento das obras de desmonte e de reconstrução do pano SE da muralha do Baluarte do Cavaleiro”, desenvolvido no âmbito de um protocolo estabelecido entre a Câmara Municipal de Chaves e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

## **Referências**

- [1] Lima M. P. – Muralhas e Fortificações de Évora, Argumentum, ISBN: 972-8479-31-X.
- [2] Manuscritos da Biblioteca Municipal de Chaves.
- [3] Projecto de execução da reconstrução da Muralha do Baluarte do Cavaleiro em Chaves. Planta de localização. Gabinete de Apoio Técnico do Alto Tâmega. Setembro de 2003.
- [4] Muralha do Baluarte do Cavaleiro em Chaves. Relatório de caracterização geotécnica. Laboratório de Materiais e Solos da UTAD. Março de 2004.
- [5] J. Pinto, H. Varum, J. Guedes, J. Morais. Processo de monitorização adoptado na reconstrução do pano de muralha SE do Baluarte do Cavaleiro em Chaves. 7º Congresso Nacional de Mecânica Experimental, APAET 2008. Livro de Resumos. Publicado por: Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões. Janeiro de 2008. ISBN: 978-972-669-851-7. pag. 85 – 87.
- [6] Silva J.; Gomes P. - Chaves, de Trás os Montes, edições ASA, S.A.
- [7] Pinto J.; Vieira J.; Faustino J.; Teixeira R. - Observação e Acompanhamento das Obras de Desmonte e de Reconstrução da Muralha SE do Baluarte do Cavaleiro em Chaves. Relatório técnico final. UTAD. Fevereiro de 2007.